

GEOLOGIA DE L'ARDENYA I FORMES GRANÍTIQUES ASSOCIADES

CARLES ROQUÉ i PAU - LLUÍS PALLÍ i BUXÓ

Àrea de Geodinàmica
Departament de Ciències Ambientals
Universitat de Girona

INTRODUCCIÓ

Es descriuen i cartografien els conjunts litològics que afloren al massís de l'Ardenya. S'estudien en detall els trets litològics i estructurals de



Dom compost amb *tafoni*. Solius (Santa Cristina d'Aro).

les roques plutòniques que s'hi troben, per poder analitzar fil per randa les característiques i la gènesi de les diferents formes granítiques que s'hi han desenvolupat.

1. SITUACIÓ GEOGRÀFICA

L'Ardenya es localitza a la part septentrional de la serralada de la Selva Marítima, sistema muntanyós que, juntament amb els massissos de les

Gavarres i de Begur, constitueix la part gironina de la serralada Litoral.

La zona objecte d'estudi conforma una unitat de relleu amb entitat pròpia, que limita al nord-est amb el massís de les Gavarres, mitjançant la vall d'Aro; al nord-oest amb la depressió de la Selva, a través dels glacis d'erosió de Llagostera; al sud-oest amb el bloc muntanyós de Puig Ventós, al llarg del traçat de la falla de la riera de Tossa; i al sud i a l'est amb la Mediterrània (fig. 1).

Ocupa una superfície d'uns 108 km², repartits entre els municipis de Castell-Platja d'Aro, Sant Feliu de Guíxols i Santa Cristina d'Aro (Baix Empordà); Llagostera (Gironès) i Tossa de Mar (Selva). Queda totalment inclòs al full núm. 366 «Sant Feliu de Guíxols» del *Mapa Topogràfic Nacional* a escala 1:50.000.

2. CONSTITUCIÓ GEO-LÒGICA

La major part dels ma-

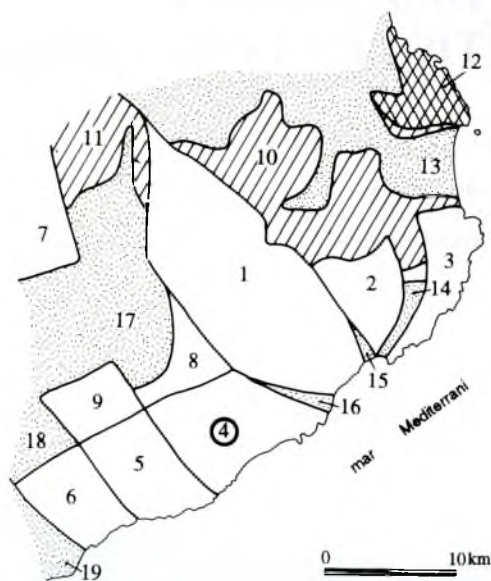


Fig. 1. Situació del massís de l'Ardenya en el context de les unitats de relleu de l'extrem nord de la serralada Litoral. Llegendes, *Massissos paleozoics enlairats*, 1: Massís de les Gavarres (Bloc dels Àngels-Arques), 2: Massís de les Gavarres (Bloc de Fitor), 3: Massís de Begur, 4: Serralada de la Selva Marítima (Massís de l'Ardenya), 5: Serralada de la Selva Marítima (Bloc de Puig Ventós), 6: Serralada de la Selva Marítima (Bloc de Montbarbat), 7: Massís de les Guilleries. *Marges dels massissos paleozoics*, 8: Glacis de Cassà i Llagostera, 9: Glacis de Sant Maurici i Vidreres. *Sistemes cenozoics enlairats de la serralada Transversal*, 10: Pregavarres, 11: Bloc de Camós i vall de Sant Daniel. *Massissos mesozoics encavalcants*, 12: Massís del Montgrí. *Depressions tectòniques*, 13: Depressió del Baix Empordà, 14: Corredor de Palafrugell, 15: Vall de Calonge, 16: Vall d'Aro, 17: Depressió de la Selva, 18: Bloc de Maçanet, 19: Vall de la Tordera.

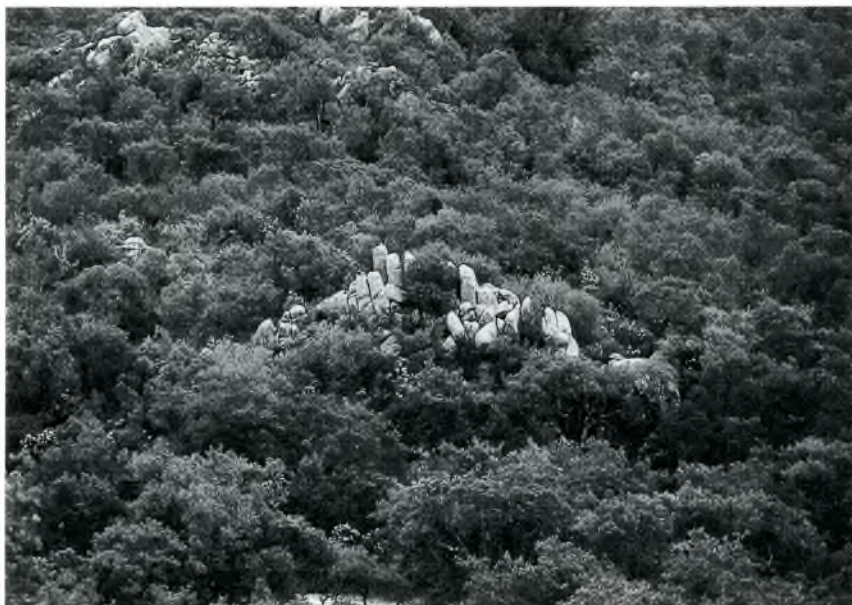


Conjunt de doms. Roca Rodona d'en Cama (Santa Cristina d'Aro).

terials aflorants a l'Ardenya són del Paleozoic. Així, s'hi localitzen alguns retalls de roques sedimentàries i vulcanosedimentàries, plegades i metamorfitzades en grau variable per efecte de la tectònica herciniana, l'edat de les quals correspon a un lapse de temps comprès entre els períodes Ordovicià i Carbonífer. No obstant això, la major part dels afloraments són de roques ígnies de tipus plutònic i filonià. Totes estan relacionades amb l'emplaçament d'un conjunt de magmes àcids en el si dels metasediments paleozoics, esdevingut a les acaballes de l'orogènia herciniana, concretament entre el Carbonífer superior i el Permià. Fruit d'aquesta activitat ígnia, les roques encaixants van patir un metamorfisme de contacte intens.

Al marge septentrional de l'Ardenya, en la zona de contacte amb la depressió de la Selva, es localitzen sediments continentals del Neogen, que es disposen en discordança damunt de les roques ígnies i metamòrfiques del Paleozoic. Al Neogen pertanyen també les xemeneies volcàniques de can Moner i de can Banya (Llagostera) (Pallí & Roqué, 1995a), constituïdes per basalts olivínics. Aquestes manifestacions efusives es relacionen amb les falles generades per la fase de tectònica distensiva que va afectar el marge mediterrani al final de l'orogènia alpina, i que va determinar que els actuals massissos litorals i prelitorals quedessin enlairats respecte de les depressions que els limiten.

Durant el Quaternari s'han dipositat sediments de gènesi al·luvial i



Turó de blocs proper al puig de can Rifà (Sant Feliu de Guíxols-Santa Cristina d'Aro).



Castell rocós. Roca del Rei (Tossa de Mar).

col·luvial, els quals assoleixen un gruix notable a les valls dels cursos d'aigua de més entitat, com és el cas de les rieres de Tossa, Benaula i Sant Llorenç, i també al Ridaura.

2.1. ESTRATIGRAFIA

Es descriuen en aquest apartat les principals característiques dels sediments paleozoics, neògens i quaternaris del massís de l'Ardenya.

2.1.1. METASEDIMENTS PALEOZOICS

La sèrie estratigràfica del Paleozoic ha estat establerta, fins ara, a grans trets, atès que els afloraments són dispersos i presenten una successió de materials incompleta. A més, totes aquestes roques han estat molt transformades per efecte del metamorfisme de contacte posterior, el qual n'ha esborrat bona part de les característiques originals.

La part baixa de la sèrie està composta per un conjunt vulcanodetrític constituït per esquistos quarsfeldspàtics i quarsítics que alternen amb nivells de pissarres (fig. 2). Pel que fa a l'edat, s'atribueix al Caradocià (Ordovicià superior), per la similitud de fàcies amb les sèries vulcanoclàstiques de les Gavarres i de les Guillerries. Es localitzen a la serra de Llobatera (Llagostera), serra d'en Jaume (Llagostera-Tossa) i coll de Terra Negra (Llagostera-Tossa), entre altres indrets. Si bé no és possible establir amb precisió el gruix d'aquest conjunt, deu superar els 100 m de potència.

Sobre seu es disposen uns marbres i roques calcosilicatades, que afloren puntualment a l'est del coll de Terra Negra, dins el terme de Tossa, i que s'atribueixen a l'Ashgill·lià (Ordovicià superior). La seva espessor no supera els 10 m.

Per damunt es troba una successió de pissarres negres, que estan ben representades a l'entorn del coll de Terra Negra (Llagostera-Tossa) i al puig de la Ruïra (Llagostera). Es caracteritzen per la presència de quiaistolita, mineral que deriva del me-

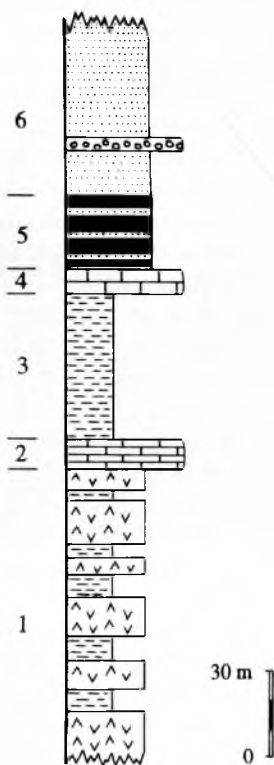


Fig. 2. Sèrie sintètica del Paleozoic del Massís de l'Ardenya. Llegendra, 1: Esquistos quarsfeldspàtics i quarsítics amb nivells de pissarres (Caradocià), 2: Marbres i roques calcosilicatades (Ashgill·lià), 3: Pissarres negres amb quiaistolita (Ordovicià superior-Silurià), 4: Marbres i roques calcosilicatades (Devonià-Carbonífer inferior), 5: Gresos, quarsites i lilites negres (Carbonífer inferior), 6: Gresos, quarsites i conglomerats (Carbonífer inferior).



Torre rocosa. Roca Teixonera (Llagostera).

tamorfisme de contacte que va patir la roca amb posterioritat a la seva sedimentació. Aquestes pelites negres són correlacionables amb les pissarres gris-negres de Fitor de les Gavarres (Roqué & Pallí, 1994a), l'edat de les quals ha estat fixada entre l'Ordovicià superior i el Silurià. El seu gruix es xifra en uns 50 m.

A continuació, i sense que quedi clara la relació amb els nivells infrajaccents, es troba un conjunt carbonàtic compost de marbres i roques calcosilicatades, que assoleix una espessor màxima de 8 m, que alterna amb algunes capes de gresos i de quarsites. Aflora a Sant Llorenç, als vessants orientals del puig de la Guàrdia i a la riba esquerra del Ridaura (Llagostera), entre altres llocs. La seva edat és dubtosa, tant pot

pertànyer al Devonian com al Carbonífer inferior.

Sobre seu es disposa una successió de gresos, quarsites i lidites negres. Aquesta unitat es localitza als vessants occidentals del puig Morató (Llagostera), on és tallada per la carretera de Llagostera a Sant Grau. També és present al nord de can Banya (Llagostera). Dins el context de la serralada Litoral, aquest tipus de fàcies és característica del Carbonífer inferior. La presència de motlles de blastoïdeus, recollits al puig Morató, corrobora aquesta edat. La potència d'aquests materials és d'uns 25 m.

Finalment, a la part alta es troba un conjunt detrític compost per gresos, quarsites i conglomerats, present al puig de la Ginesta, can Banya i puig Oriol (Llagostera), entre altres llocs. Les capes de conglomerats assoleixen un gruix de 5 m i presenten còdols ben arrodonits de fins a 10 cm de diàmetre, molt poc deformats. Hi dominen els clastos de quars, quarsita i roques ígnies àcides (porfiroïdes i granitoïdes). La matriu és abundant i de natura pelítica i, quan s'altera, permet que els còdols s'alliberin de la roca amb molta facilitat, fins al punt que als vessants del puig Oriol s'acumulen en superfície i prenen l'aspecte d'un dipòsit al·luvial sense consolidar. Aquest conjunt detrític s'atribueix al Carbonífer (fàcies *culm*); l'espessor supera els 60 m.



Torre rocosa. Pedra-sobre-altra (Llagostera-Tossa).

2.1.2. SEDIMENTS NEÒGENS

Els materials acumulats durant el Neogen se situen a l'extrem nord de l'Ardenya, al límit amb la depressió de la Selva. La seva disposició és netament discordant respecte als materials paleozoics. Es tracta de sediments detrítics continentals acumulats per un conjunt de ventalls al·luvials amb l'àrea font situada als massissos de l'Ardenya i de les Gavarres, els quals rebleixen parcialment la fossa tectònica de la Selva.

La successió estratigràfica és constituïda per dues unitats. La inferior correspon a uns conglomerats vermells amb còdols subarrodonits de fins a 50 cm de diàmetre. Hi predominen els clastos d'esquists pigallats, cornianes micàcies, pòrfirs, quars i quarsites. En menor proporció n'hi ha de granitoides, calcàries amb crinòzous, marbres i lidites. La matriu és sorrenca, de mida de gra grossa, amb un contingut elevat d'elements de quars i de feldspats alterats. El seu gruix és d'uns 8 m, si bé és difícil determinar-lo amb exactitud. Es localitza a l'est del Pla de Sant Llorenç (Llagostera), en els vessants inferiors de la riba esquerra del Ridaura. També aflora al seu marge dret, al nord del puig d'en Moner (Llagostera). Aquests conglomerats han estat atribuïts al Pliocè (IGME, 1953).

La unitat superior és formada per nivells argilosos marronosos amb intercalacions de sorres i de canals de graves subarrodonides, de fins a 40 cm de diàmetre. En aquests darrers hi dominen els clastos d'esquists, cornianes, pòrfirs i granitoides. La seva matriu és constituïda per sorres arcòsiques de mida de gra grossa. El gruix del dipòsit és d'uns 15 m. Aflora al Pla de Sant Llorenç (Llagostera), on havien estat explotats els nivells argilosos. L'edat no es pot determinar amb seguretat, però molt probablement és del Pliocè.

2.1.3. SEDIMENTS QUATERNARIS

Els materials acumulats durant el Quaternari són d'origen i composició diversa. Atenent a un criteri genètic, es poden agrupar en cinc categories principals: al.luvials, col.luvials, de maresma, eòlics i de platja.

Els dipòsits al.luvials són els que han estat transportats i acumulats pels cursos d'aigua enllitats. Es tracta, a grans trets, de sediments sense consolidar (graves, sorres, llims i argiles) de l'Holocè, que estan lligats a la dinàmica fluviotorrencial recent de les rieres de major entitat de la zona. Es localitzen, amb un desenvolupament notable, al Ridaura i a les rieres de Sant Pol, de Sant Amanç, de les Comes, de Canyet, de Tossa i de la Benaula, en les quals, a banda de la llera actual, sovint constitueixen una petita terrassa aixecada entre 2 i 5 m. A la resta de rieres i rierols els materials al.luvials es presenten sempre barrejats amb els de gènesi col.luvial, formant un dipòsit mixt al.luvial-col.luvial. Els dipòsits al.luvials antics, deslligats de la dinàmica actual, són escassos o inexistents. Nogensmenys, la riera de Tossa presenta 6 nivells al.luvials esglaonats (Pallí & Roqué, 1992 i 1993). A banda del més baix (de 5 a 8 m sobre la llera

actual), que pertany sens dubte a l'Holocè, els altres (15, 25, 30, 40 i 55 m) són plistocens. Tots ells contenen elements detrítics d'origen col.luvial, i només el més alt (55 m) està parcialment cimentat. Al Ridaura, al sud de can Moner (Llagostera) han estat identificats dipòsits al.luvials antics equivalents als de la riera de Tossa, situats entre 15 i 20 m per damunt del seu curs actual.

Els sediments transportats i acumulats pels processos de vessant constitueixen la categoria de dipòsits col.luvials. Majoritàriament es componen de còdols angulosos heteromètrics englobats en una matriu argilol·limosa (especialment quan es desenvolupen a partir de roques metamòrfiques) o sorrenca (quan deriven de roques plutòniques des-



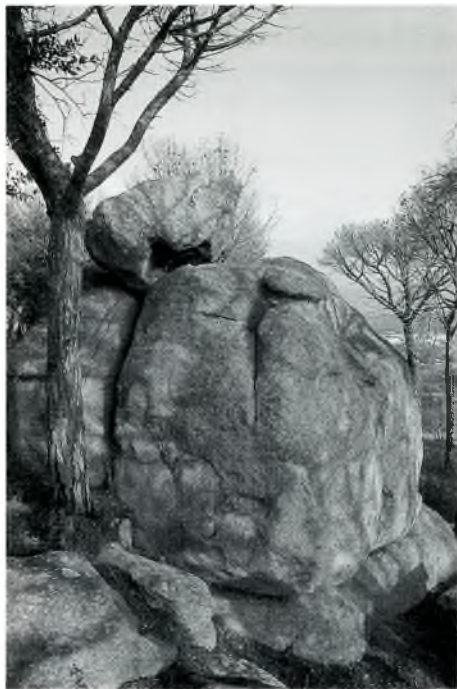
Pilar de roca. Agulla del Montclar (Santa Cristina d'Aro).

compostes). Als vessants propers a la línia de costa, entre Platja d'Aro i Sant Feliu de Guíxols, hi ha dipòsits dominantment llimosos que contenen nòduls de carbonat de calci, idèntics als que han estat descrits al masís de les Gavarres (Roqué & Pallí, 1994a).

Els sediments de maresma estan relacionats amb la dinàmica litoral i, per això, es concentren prop de la línia de costa. Corresponen a dipòsits acumulats en àrees amb aigües salobres estancades que, en la seva major part, van ser dessecades en èpoques històriques. Es componen de sorres i llims negrosos, sovint amb abundants restes de conquilles. Es localitzen a Platja d'Aro (en el sector actualment ocupat per la marina d'Aro); al Pla de Sant Pol i a Sant Feliu de Guíxols (Pallí, 1978 i 1980).

Els dipòsits eòlics de l'Ardenya corresponen a petits cordons de dunes que es formen entre la platja i la zona ocupada per la maresma, en els trams de costa baixa. Estan constituïts per sorres ben classificades que contenen petits bioclastos. N'hi havia al sector de la marina d'Aro (Castell-Platja d'Aro), on ja han desaparegut (Pallí, 1980); a la platja de Sant Pol, on encara són visibles avui dia (Pallí, 1978); i colgats sota els edificis de Sant Feliu de Guíxols (Pallí & Roqué, 1996a).

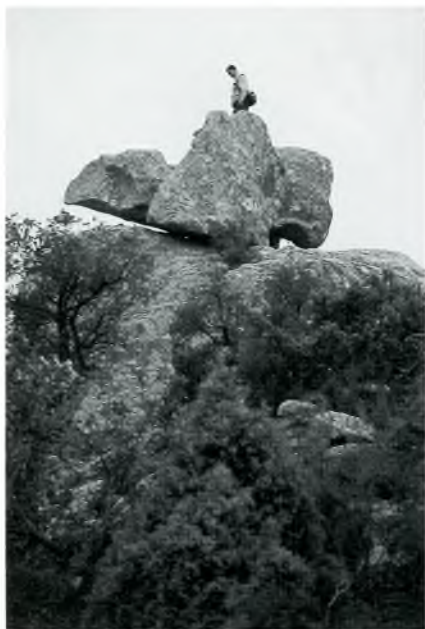
Els dipòsits de platges estan directament lligats a la dinàmica litoral. La majoria de les platges actuals estan constituïdes per sorres i graves, com les de Platja d'Aro i Sa Conca (Castell-Platja d'Aro); Sant Pol, Sant Feliu i Canyerets (Sant Feliu de Guíxols); Curcullada (Santa Cristina d'Aro); i Salions, Giverola, Pola, Mar Menuda i Sa Platja (Tossa de Mar), com a més importants. N'hi ha també de graves i blocs arrodonits, entre les quals destaquen cala Pedrosa (Castell-Platja d'Aro); cala Vigatà i cala Joana (Sant Feliu de Guíxols); Canyet i Vall Presona (Santa Cristina d'Aro); i es Sot d'En Boada (Tossa). A banda d'aquestes, hi ha alguns dipòsits que corresponen a platges fòssils holocenes, els quals es troben per sota i per sobre del nivell del mar actual (Roqué &



Prominència rocosa arrodonida. Puig d'en Robert (Sant Feliu de Guíxols).



Prominències rocoses irregulars. Montllor Gros (Tossa de Mar).



Pedra cavallera. Penya Àguila (Sant Feliu de Guíxols). Fotografia d'Enric Vicens.

Pallí, 1996a i b, 1997). Les submergides es localitzen a Sant Pol (Sant Feliu de Guíxols); cala Futadera, cala Giverola i Mar Menuda (Tossa). Es tracta de gresos i conglomerats, que es disposen en forma de plataformes paral·leles a la línia de costa i inclinades cap a mar obert, fins a una profunditat màxima de 5 m. Les platges emergides, per la seva banda, es troben a cala Vigatà, Ses Penyes, Ses Olleres, punta d'en Bosch, cala d'Urgell, Penya Seca, Sa Bardissa i punta dels Canyerets (Sant Feliu de Guíxols); i a la cala de la Curcullada i Vallpresona (Santa Cristina d'Aro). Es tracta de blocs i graves ben cimentades, disposades en forma de cordons paral·lels a la línia de costa, a una altura màxima de +1,5 m sobre el nivell del mar.



Pedra cavallera oscil·lant. Pedralta (Sant Feliu de Guíxols-Santa Cristina d'Aro).

2.2. PETROLOGIA

Es consideren aquí les principals característiques de les diferents varietats de roques ígnees que afloren al massís de l'Ardenyà. De les plutòniques se'n fa una descripció detallada, atesa l'evident relació que mantenen amb les formes granítiques. Les filonianes i efusives, en canvi, són tractades només a nivell general.

2.2.1. ROQUES PLUTÒNIQUES

Les grans masses de magma generades a final de l'orogènia herciniana van ascendir fins a plaçar-se en nivells propers a la superfície terrestre on, en cristal·litzar, van donar lloc a dues varietats essencials de roques plutòniques: les granodiorites i els leucogranits.

2.2.1.1. Granodiorites

Són roques de color grisós, constituïdes per cristalls de mida mitjana a grossa. La seva composició mineralògica essencial és formada per quars, plagiòclasi (oligòclasi i andesina), quelcom de feldspat potàssic (ortosa i microclina) i biotita. Entre els minerals accessoris i secundaris que s'hi poden trobar cal destacar els següents: clorita, apatita, zircó, moscovita, turmalina i hematites. Solen contenir molts enclavaments microquars-diorítics de color fosc, de mida d'ordre centimètric i de formes arrodonides o el·lipsoïdals, que arriben a constituir masses de dimensions mètriques a l'oest de can Tallades (entre Santa Cristina d'Aro i Llagostera).

Dins la zona estudiada es poden diferenciar dues varietats. D'una banda, les granodiorites porfíriques (o amb megacristalls), que es caracteritzen perquè presenten una gran quantitat de megacristalls de feldspat potàssic, d'uns 5 cm de llargada, maclats segons les lleis de Carlsbad i de Baveno; i d'altra banda, la varietat no porfírica, que no en conté. Les primeres afloren, entre altres indrets, al sector de litoral comprès entre punta Prima i el Racó de s'Agaró (Castell-Platja d'Aro); a l'entorn de can Moner (Llagostera); i entre el coll de Sastre i la Mare de Déu de Gràcia, com també als vessants meridionals de l'Esprada (Tossa). La varietat no



Bola. Puig d'en Robert (Sant Feliu de Guíxols).

porfírica és més abundant; es troba al puig Pinell i puig del Remei (Castell-Platja d'Aro); Monestir de Solius, can Riera i can Patxot (Santa Cristina d'Aro); can Codolar, mas Rissecc i can Vidal de Llobatera (Llagostera); i coll de Terra Negra i l'Infern d'en Caixa (Tossa), entre altres llocs.

2.2.1.2. Leucogranits

Són roques de color rosat, formades per cristalls de mida fina a grossa. Es componen de quars, feldspat potàssic, plagiòclasi (oligòclasi) i biotita. Com a minerals accessoris i secundaris presenta zircó, moscovita, apatita, magnetita, granats, clorita, fucsita, caolí i sericita. A diferència de les granodiorites, no contenen enclavaments bàsics.

En funció de la mida dels cristalls es poden diferenciar tres varietats: leucogranits de gra gros a mitjà, de gra mitjà a fi i de gra fi.

Els de gra gros a mitjà són els més abundants, i es localitzen, entre altres molts indrets, al turó de Gustinoi, puig de les Forques, Sant Elm o el Castellar i Divina Pastora (Sant Feliu de Guíxols); Roca Rodona, can Llaurador, Castell de Solius, Roques Bessones, Carcaixells, Montclar i Vallpresona (Santa Cristina d'Aro); Sant Grau, Montllor Gros, puig del Castellet i la Modeguera (Tossa); i a can Crispins i can Cabanyes (Llagostera).






Els leucogranits de gra mitjà a fi es troben al turó Gros (Sant Feliu de Guíxols); puig Alt o de les Cols (compartit entre Sant Feliu i Santa Cris-

MAPA GEOLÒGIC DEL MASSÍS DE L'ARDENYA

per
CARLES ROQUÉ i PAU - LLUÍS PALLÍ i BUXÓ
1998

MATERIALS








QUATERNARI

-  Dipòsits al·luvials.
-  Dipòsits col·luvials i col·luvials-al·luvials.
-  Dipòsits de maresma.
-  Dipòsits eòlics.
-  Dipòsits de platja.









NEOGEN







PALEOZOIC

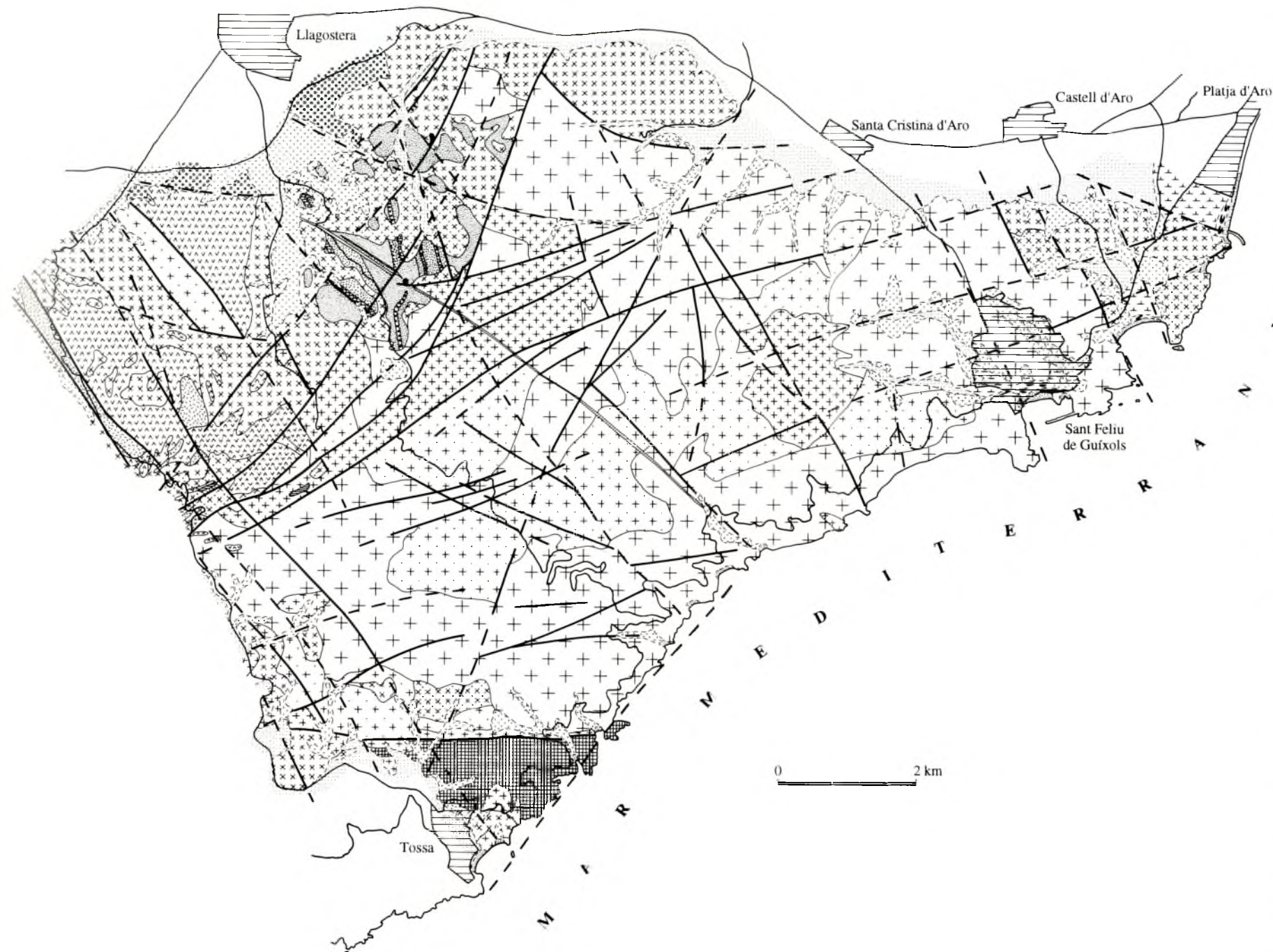
-  Gresos i quarzites (Carbonífer inferior).
-  Conglomerats (Carbonífer inferior).
-  Gresos, quarzites i lilites negres (Carbonífer inferior).
-  Marbres i roques calcosilicatades (Devonià-Carbonífer inferior).
-  Pissarres negres amb quistolita (Ordovicià superior-Silurià).
-  Marbres i roques calcosilicatades (Ashgílià).
-  Esquistos quarzofeldspàtics i quarzites amb nivells de pissarres (Caradocià).

ROQUES ÍGNIES

-  Basalts olivítics.
-  Dics de quars.
-  Microgranits.
-  Granodiorites amb megacristalls.
-  Granodiorites sense megacristalls.
-  Leucogranits de gra gros a mitjà.
-  Leucogranits de gra mitjà a fi.
-  Leucogranits de gra fi.

SIGNES CONVENCIONALS

-  Contacte discordant.
-  Contacte intrusiu o mecànic. Límit entre els metasediments paleozoics.
-  Fractura important.
-  Fractura deduïda o tapada.



tina d'Aro); Roca Tosa i Sant Baldiri (Santa Cristina d'Aro); puig de ses Cadiretes (que limita els termes de Tossa i Santa Cristina d'Aro); i puig Montagut i can Vidal de Llobatera (Llagostera), entre altres llocs.

Els leucogranits de gra fi, per la seva banda, solen contenir una proporció més elevada de biotita que les dues varietats anteriors. Afloren al terme de Sant Feliu de Guíxols, entre la Casa Nova i el puig Badat, on constitueixen una massa molt extensa que queda envoltada, quasi totalment, per les fàcies de gra mitjà a fi. Conformen també una faixa irregular allargada, orientada de nord-est a sud-oest, que s'estén des de la rodalia de can Duran del Gatellar (Santa Cristina d'Aro) fins al turó de Mornolar (Tossa); aquesta faixa dóna els relleus prominents del Matxacuca (partió entre Santa Cristina d'Aro i Llagostera). Finalment, es localitzen, entre altres indrets, al serrat d'Aiguafina, puig del Pollastre, vessants de can Coure, Mar Menuda, es Sot d'en Boada i l'Illa (Tossa).

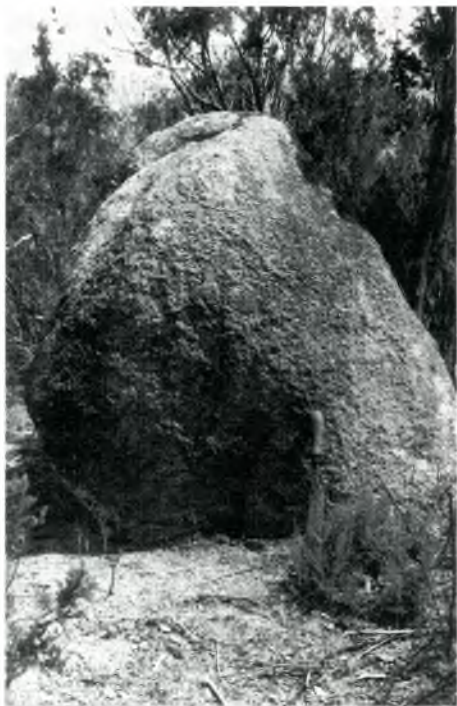
2.2.2. ROQUES FILONIANES

Una vegada emplaçades i solidificades, les roques plutòniques es van quartejar. Llavors, el magma residual va ascendir i va reblir les fractures, formant dics de composició, textura i orientació variada, els quals van arribar a travessar les roques metamòrfiques.

Les aplites i pegmatites són molt abundants a l'Ardenya. Constitueixen una munió de dics de gruix inferior a 1 m, de llargada escassa, d'in-



Bola. Can Pey (Sant Feliu de Guíxols).



Microbonys desenvolupats en un bloc arrodonit. Rodalia de la cova artificial de la Tuna (Santa Cristina d'Aro).

clinació i direcció molt diversa, que poden formar enreixats densos, especialment en el si de les granodiorites.

Hi són també molt freqüents les roques àcides de textura porfírica, netament filonianes (pòrfirs granítics i granodiorítics) o de transició a les efusives (microgranits, granòfirs i pòrfirs felsítics), que es presenten en forma de dics subverticals, de gruix mètric a decamètric, orientats majoritàriament d'est a oest o d'est-nord-est a oest-sud-oest, i sovint disposats en feixos paral·lels. Cal assenyalar la presència d'una massa ígnia de composició microgranítica, que constitueix els relleus del puig Nou, punta de cala Bona, cap de Pola i punta de Giverola, la qual ateny uns 2 km de llargada en la direcció est-oest per 1 km d'amplada (Pallí & Roqué, 1992).

Tanmateix, no hi manquen els pòrfirs de quimismo més bàsic (diorítics, monzodiorítics, monzonítics i sienítics) i altres roques filonianes bàsiques (lampròfirs) (Pallí, 1978, 1980, 1985; Pallí & Roqué, 1992). Totes solen aparèixer amb la mateixa disposició que els termes àcids, però en dics més prim.

2.2.3. ROQUES EFUSIVES

Al massís de l'Ardenya hi ha dos afloraments de roques volcàniques, deixant de banda els dics de materials efusius emplaçats durant el Paleozoic, els quals ja han estat assenyalats en l'apartat anterior. Es tracta de dues xemeneies molt erosionades, testimonis de l'activitat ígnia desenvolupada en aquesta regió durant el Neogen. Es localitzen a l'oest de can Moner i a can Banyà (Llagostera). En ambdós casos, hi afloren basalts olivínics alcalins. Es tracta de roques amb abundants fenocristalls d'olivina i augita, que queden englobats en una matriu constituïda per petits cristalls d'olivina, augita, plagiòclasi i magnetita, que en conjunt donen

lloc a una textura intergranular. Part de la matriu és vítria o criptocristalina. Solen contenir microenclavaments de roques ígnies i metamòrfiques, com a conseqüència de la fragmentació mecànica dels materials encaixants.

2.3. ESTRUCTURA

Les orogènies herciniana i alpina han deixat diferents tipus d'estructures tectòniques en les roques del massís de l'Ardenya, que sovint se sobreposen.

2.3.1. OROGÈNIA HERCINIANA

Durant el Carbonífer superior es va produir una fase d'intensa deformació dúctil que va generar plects i plans d'esquistositat als metasediments paleozoics. A continuació es van emplaçar les roques plutòniques i es va desenvolupar un metamorfisme de contacte en les roques encaixants. A les acaballes de l'orogènia herciniana, una darrera fase tectònica distensiva va originar un important conjunt de fractures, de direccions predominants est-nord-est a oest-sud-oest i est a oest, a través de les quals es van emplaçar la major part de les roques filonianes. El gran i llarg dic de quars que, orientat de nord-oest a sud-est, s'estén des de Canyet (Santa Cristina d'Aro) fins al puig Morató (Llagostera), es va formar, probablement, en aquesta etapa de distensió.



Microbolers. Cala Pedrosa (Castell-Platja d'Aro).

2.3.2. OROGÈNIA ALPINA

L'orogènia alpina va produir una fracturació intensa en els materials paleozoics. Aquesta tectònica fràgil es relaciona amb la fase de distensió que va afectar tot el marge mediterrani durant el neogen, fruit de la qual es van individualitzar les depressions i els massissos muntanyosos que conformen la serralada Costanera Catalana. Les fractures que es van generar s'agrupen en dues famílies principals: unes orientades segons les direccions nord-est a sud-oest i est-nord-est a oest-sud-oest; i les altres de traçat nord-oest a sud-est.

Entre les falles de la primera família orientades de nord-est a sud-oest destaquen les de can Tallades (Santa Cristina d'Aro), can Banya (Llagostera) i can Moner (Llagostera) que s'estenen des del curs mitjà del Ridaura fins a l'entorn de Terra Negra (Llagostera i Tossa). La xemeneia volcànica de can Banya (Llagostera) s'associa a la segona d'aquestes fractures, i la de can Moner, a la tercera. Els accidents tectònics de direcció est-nord-est a oest-sud-oest es troben representats per les falles de punta Prima-Sant Benet (Castell-Platja d'Aro-Sant Feliu de Guíxols), Bujonis (Sant Feliu de Guíxols) i Bufaganyes (Sant Feliu de Guíxols), entre altres. A la família de fractures de direcció nord-oest a sud-est, hi pertanyen les falles de Sant Pol (Sant Feliu de Guíxols), Canyet (Santa Cristina d'Aro), Llobatera (Llagostera); també el conjunt de falles que limiten l'Ardenya del



Nerviació. Puig Gros (Sant Feliu de Guíxols).

bloc de Puig Ventós, representades, entre altres, per la de la Ruïra-Mar Menuda (Llagostera-Tossa) i la de la riera de Tossa.

3. GEOMORFOLOGIA GRANÍTICA

Sobre les roques plutòniques de l'Ardenya (leucogranits i granodiorites) s'ha desenvolupat un paisatge característic, constituït per un conjunt de formes peculiars que s'agrupen sota la denominació genèrica de *formes granítiques* (fig. 3).

3.1. GÈNESI I EVOLUCIÓ MORFOLÒGICA

L'origen de les formes granítiques és degut a l'acció sobre les roques de diferents processos geològics, els quals actuen de manera aïllada o conjunta, i que es van succeint al llarg d'un lapse de temps considerable. La seva evolució es produeix en dues fases: primer en condicions endògenes (o subedàfiques), a l'interior de l'escorça terrestre, i, posteriorment, exògenes (o subaèries), a la superfície.

3.1.1. FASE ENDÒGENA

En un primer estadi es produeix l'emplaçament i la cristallització d'una massa ígnea. Els processos magmàtics que s'hi associen són els responsables de la major part de les característiques litològiques de les roques,



Peles de ceba afectant una bola. Pedralta (Sant Feliu de Guíxols-Santa Cristina d'Aro).

entre elles la composició mineralògica i la textura, dos factors essencials que controlen el desenvolupament de les formes granítics. També es generen determinades estructures magmàtiques, com bandejats i segregacions minerals (Vidal Romaní, 1990), que en etapes posteriors l'erosió podrà posar de manifest com a microformes.

A mesura que la massa ígnia es va solidificant, els esforços tectònics hi produeixen deformacions de diferents tipus. Encara que en el cas dels granitoides la major part de la deformació es resol amb estructures fràgils (fractures a diferent escala), no són rares les del camp dútil i elàstic (Twidale & Vidal Romaní, 1994). La transcendència morfològica de la fractures, especialment de les diàclasis, és cabdal en l'evolució de les formes granítics. Així, la massa de roca solidificada queda compartimentada en blocs de geometria diversa, en funció de la disposició i l'espaiat d'aquestes discontinuïtats.

En condicions profundes els granitoides estan sotmesos a pressió i, per això, les diàclasis resten tancades de manera que l'aigua subterrània no pot penetrar a dins. No obstant això, quan assolixen nivells propers a

la superfície de l'escorça, les diàclasis s'obren i la roca esdevé més permeable. L'entrada d'aigua a través de la xarxa de diàclasis fa possible tot un seguit de reaccions químiques que comporten la descomposició d'alguns minerals i la migració d'elements solubles. Aquesta meteorització química és més efectiva allà on intersecten dues o més fractures, de manera que tendeix a concentrar-se als vèrtexs i a les arestes dels blocs, els quals van quedant arrodonits. El progrés de la descomposició no és uniforme en l'espai a causa de la distribució irregular de les discontinuïtats tectòniques. Així, les zones amb una xarxa de fractures espessa, constituïdes per blocs de petites dimensions, s'alteren molt més ràpidament i fins a una profunditat major que les formades



Esquerdes poligonals. Puig Gros (Sant Feliu de Guíxols).

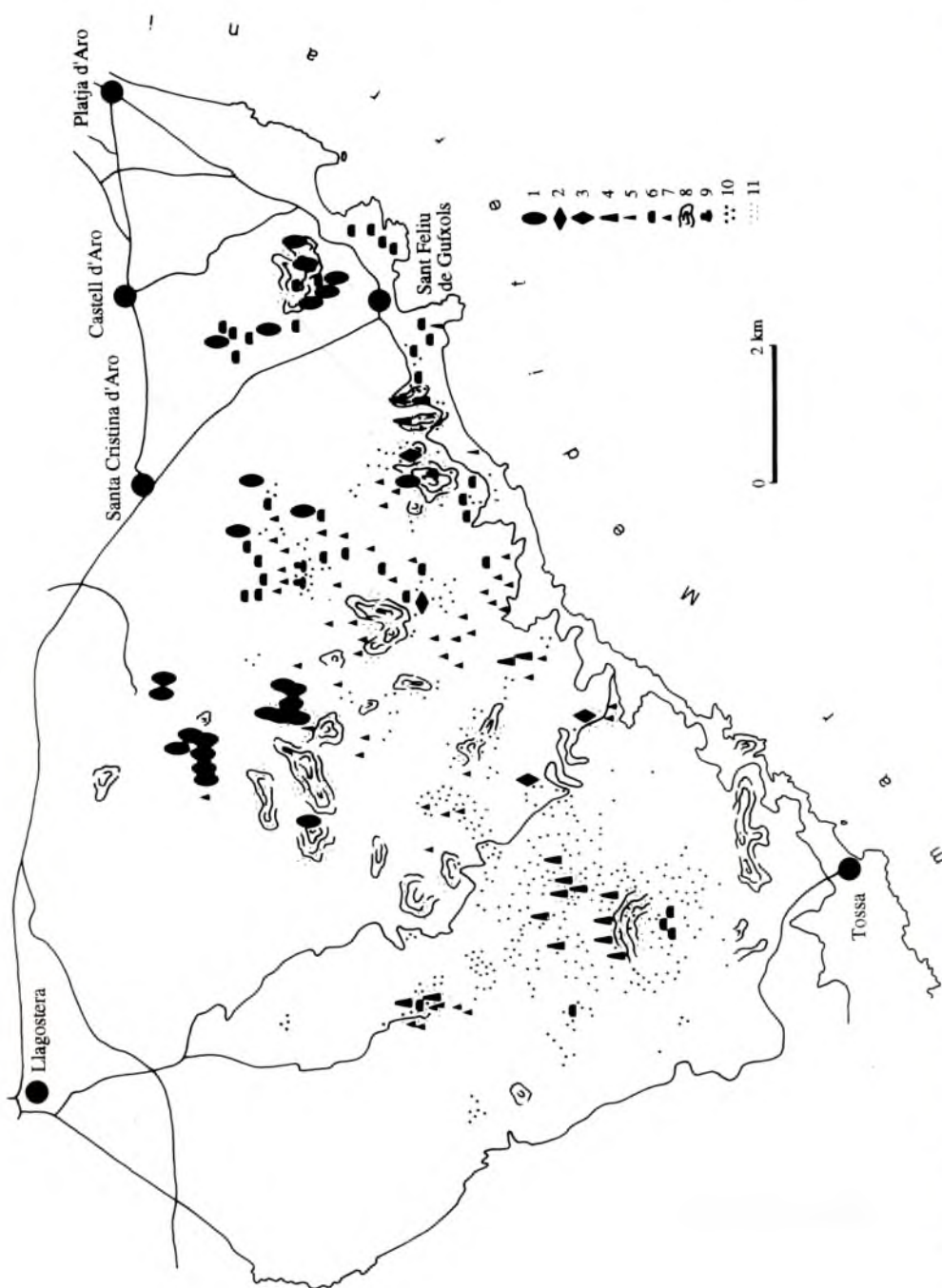


Fig. 3. Mapa de les formes granítiques de major entitat de l'Ardenya. Llegenda. 1: Doms, 2: Turons de blocs, 3: Castells rocósos, 4: Torres rocósos, 5: Pilars de roca, 6: Prolinències rocósos arrodonides, 7: Prolinències rocósos irregulars, 8: Zones de prolinències rocósos, 9: Pedres cavalleres, 10: Zones i caos de boles, 11: Zones de blocs.

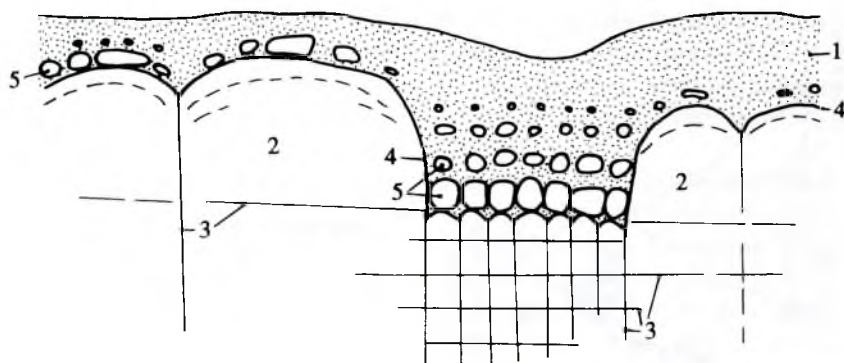


Fig. 4. Desenvolupament subedàfic de les macroformes granítiques. Modificat de Twidale (1982). Llegendra. 1: Mantell de sauló, 2: Roca inalterada, 3: Fractures, 4: Rellu de fons, 5: Nuclis residuals (*corestones*).

per grans blocs d'escala mètrica limitats per plans de penetració d'aigua molt espaiats (Pallí & Roqué, 1997).

La meteorització química transforma els granitoides inalterats en un material poc consolidat similar a una sorra gruixuda (el sauló), que permet que l'aigua penetri a través seu amb facilitat. Per això, a mesura que la roca es descompon la circulació esdevé més important, de manera que la meteorització incrementa la seva eficàcia a les zones ja alterades. Amb el pas del temps, si les condicions climàtiques són favorables per al progrés de la meteorització química (precipitacions i temperatures elevades), la massa de granitoides es transforma en un mantell de sauló de gruix considerable, el qual limita en profunditat amb la roca inalterada. La distribució irregular de les fractures fa que la progressió de l'aigua no sigui uniforme i, per aquesta causa, la superfície de contacte entre la roca inalterada i el mantell de sauló no és plana, sinó que hi queden «grava-des» tant les zones prominents, on la descomposició no ha progressat gaire, com les deprimides, on ha estat més efectiva. En conjunt constitueixen el que es coneix com a relleu de fons (fig. 4). A més, sovint queden dins el mantell nuclis residuals de roca, de geometria esferoïdal (*corestones*), encara no del tot descompostos, relictos dels blocs de dimensions més grans.

3.1.2. FASE EXÒGENA

Els processos d'erosió són molt efectius sobre els mantells de sauló, atès que les seves característiques físiques no difereixen gaire de les d'un dipòsit de sorra gruixuda sense consolidar. Per això, al mateix temps que la meteorització química actua en profunditat, l'erosió va escombrant els seus productes. Si l'erosió progressa més ràpidament que la meteoritza-



Cassoleta d'erosió de tipus *pan*. Puig Gros (Sant Feliu de Guíxols).

ció, el mantell de sauló comença a perdre gruix, i amb el temps, les formes residuals (*corestones*) preservades dins el mantell de sauló, i fins i tot les del relleu de fons, arriben a aflorar en superfície, i llavors s'inicia la seva evolució en condicions exògenes.

El pas d'unes condicions de domini de la meteorització química a unes altres en què predomina l'erosió, se sol atribuir a un canvi climàtic. No obstant això, hi ha altres possibilitats, com ara la reactivació dels processos torrencials a causa d'una variació del nivell de base de la seva conca hidrogràfica a causa de moviments tectònics o captures fluvials (Pallí & Roqué, 1997). En aquest sentit, algunes de les macroformes del massís de l'Ardenya han arribat a aflorar en superfície com a conseqüència d'una fase d'intensa erosió torrencial, directament relacionada amb l'esfondrament de la fossa tectònica de la vall d'Aro. La forta incisió de la xarxa de drenatge del Ridaura ha escombrat la roca alterada fins a deixar en superfície les formes residuals de la base del mantell de sauló, representades pels relleus dòmics de Solius i dels Carcaixells, entre altres (Roqué & Pallí, 1996c).

En assolir les condicions exògenes, la roca continua patint els efectes de la descomposició dels minerals, fenomen que es complementa amb la meteorització física, responsable de la disgregació de la massa rocallosa en unitats de menor volum. La disgregació es pot produir a nivell dels minerals, de plaques primes, de làmines o de blocs, en funció de les ca-

racterístiques de la roca i del tipus de meteorització que actua. Amb el pas del temps, les formes prominents generades en condicions endògenes es van fragmentant en unitats més petites, de manera que els seus trets morfològics poden acabar per canviar en gran mesura.

3.2. VARIETATS MORFOLÒGIQUES

Les formes granítiques se subdivideixen en funció de les dimensions. Així, les *macroformes* o *formes majors* són les que habitualment superen els 100 m i permeten la definició macroscòpica del relleu. Les formes que no solen superar els 10 m, i que s'associen a les macroformes proporcionant-los un cert grau de detall, són les *microformes* o *formes menors* (Vidal Romaní, 1989).

3.2.1. FORMES MAJORS O MACROFORMES

Seguint un criteri morfomètric, se subdivideixen les macroformes localitzades al massís de l'Ardenya en relleus positius (convexos) i neutres (plans).



Cassoletes en rosari. Turó de Gustinoi (Sant Feliu de Guíxols).

3.2.1.1. Macroformes convexes

Dins d'aquesta categoria s'han identificat deu varietats de formes.

Doms (*Bornhardts*)

Els doms són turons en forma de cúpula, de vessants nues i escarpades, modelats sobre roques massives, sobretot granitoides. Poden aparèixer aïllats en una plana (en aquest cas s'anomenen *inselbergs*) o agrupats en conjunts més o menys complexos. El seu perfil s'associa als sistemes de fractures de descamació (*sheet fractures*) i la seva forma en planta amb la distribució de les fractures subverticals que delimiten xarxes ortogonals o romboïdals (Twidale, 1982 i 1995; Vidal Romaní et al., 1995; Roqué & Pallí, 1996c).

Es tracta de formes que es desenvolupen subedàficament.



Tafori de paret afectant un petit dom. Solius (Santa Cristina d'Aro).

Inicialment es generen sota un mantell de sauló i, posteriorment, afloren en superfície com a conseqüència de l'erosió. Es tracta de formes azonals, atès que la seva gènesi no es relaciona amb el clima sinó amb l'estructura de la roca (Godard, 1977; Twidale, 1982 i 1995). No obstant això, el fet que els doms més ben desenvolupats apareguin en països tropicals fa que alguns autors els considerin zonals (Pedraza et al., 1989). En aquest darrer cas, la presència de formes dòmiques en altres regions del planeta s'explica considerant-les formes heretades de climes passats.

Dins l'àrea estudiada hi ha exemples notables de doms, la majoria dels quals s'han desenvolupat en leucogranits de gra gros a mitjà, com és el cas dels del turó de Gustinoi (Sant Feliu de Guíxols), Roca Rodona d'en Cama, Carcaixells petits i grans, Roca Ponsa, Roques Bessones, Roca del Moro i turó del Castell de la Roca de Solius (Santa Cristina d'Aro), entre altres. La Roca Tosa (Santa Cristina d'Aro) és un dom afaïçonat en leucogranits de gra mitjà a fi.

A nivell general corresponen a doms de planta el·líptica, de dimensions modestes, de fins a 130 m de llargada per 80 m d'amplada. L'altura poques vegades sobrepassa els 50 m. Els seus fronts són campaniformes, i els flancs, cupuliformes i en casquet, seguint la classificació de Pedraza et al. (1989). Són freqüents les associacions de doms que constitueixen formes complexes, com els Carcaixells i Roques Bessones (Pallí et al., 1985; Pallí & Roqué, 1995b; Roqué & Pallí, 1996c).

Turons de blocs (*Nubbins*)

Es tracta d'apilaments de blocs, més o menys arrodonits, que es distribueixen recobrint els costats d'un dom parcialment disgregat.

Prop del puig de can Rifà, al límit dels termes de Sant Feliu de Guíxols i de Santa Cristina d'Aro, hi ha un *nubbin* de petites dimensions constituït per blocs parcialment arrodonits, afaïçonat en leucogranits de gra mitjà a fi.

Castells rocosos (*Castle koppies*)

Són grans acumulacions de blocs que es conserven *in situ* i que constitueixen relleus similars a castells, fet pel qual reben aquest nom. La seva gènesi, com la dels *nubbins*, es relaciona amb la desintegració de relleus residuals prominents, generalment de tipus dòmic.

La Roca del Rei, propera a Sant Grau (Tossa), modelada en leucogranits de gra gros a mitjà (Pallí & Roqué, 1993), i la Roca d'en Candi, sota la Costa d'en Cirera (Sant Feliu de Guíxols), en leucogranits de gra mitjà a fi, són els castells rocosos més ben desenvolupats de l'Ardenya.

Torres rocoses (*Tors*)

Consisteixen en masses aïllades de roca, de desenvolupament vertical preferent, semblants a torres, constituïdes per un conjunt de blocs, més o menys arrodonits, que es conserven *in situ*, es a dir, no han patit un desplaçament manifest i, per això, sempre es pot reconèixer la xarxa de dià-



Tafoni de base de bloc. Montllor Gros (Tossa de Mar).

clasis original que els individualitza. Cal assenyalar que no hi ha un límit precís entre els castells rocosos i els tors, de manera que es pot trobar una seqüència continua de formes entre uns i altres.

Al massís de l'Ardenya hi ha exemples notables de torres rocoses. Entre ells destaquen la base sobre la que es recolza la Pedralta (Sant Feliu de Guíxols-Santa Cristina d'Aro) i els de Montllor Gros (Tossa), afaïçonats en leucogranits de gra gros a mitjà; els del puig d'en Robert i del puig Bouer (Sant Feliu de Guíxols), la Pedra-sobre-altra (Llagostera-Tossa), els del puig dels Roures, del puig del Pedrigolet i dels vessants meridionals del puig de les Cadiretes (Tossa), en leucogranits de gra mitjà a fi; i els de la serra dels Pins i de Roca Teixonera (Llagostera), en leucogranits de gra fi.

Pilars de roca (*Rock pillars*)

Són apilaments de blocs in situ de desenvolupament vertical preferent. Poden ésser considerats una varietat de torre rocosa estilitzada i de dimensions modestes.

Les agulles de Sant Elm i Can Pey (Sant Feliu de Guíxols) i la de sota el Montclar (Santa Cristina d'Aro), totes modelades en leucogranits de gra gros a mitjà, són els casos més representatius de pilars de roca en la zona que tractem.

Prominències rocoses (*Rock promontorys*)

Es tracta de masses de roca inalterada, més o menys disgregades, que sobresurten dels relleus circumdants. Poden aparèixer aïllades o agrupades en zones. En funció de la seva fisonomia es diferencia entre les prominències arrodonides i les irregulars.

Les prominències arrodonides estan limitades per parets llises, i tendeixen a constituir formes pseudodòmiques d'escassa entitat, que rares vegades assoleixen els 10 m de llargada i d'altura. A vegades corresponen a estadis inicials de l'aflorament en superfície d'un dom. Es localitzen, entre altres llocs, a les Roques d'en Donat (Castell-Platja d'Aro); can Romeu, turó de Gustinoi, puig de les Forques i Sant Elm (Sant Feliu de Guíxols); als vessants septentrionals del turó de l'Home (Santa Cristina d'Aro); i al Montllor Petit (Tossa), totes afaïçonades en leucogranits de gra gros a mitjà. Al puig d'en Robert i prop de la Creu d'en Barraquer, dins el terme de Sant Feliu de Guíxols, hi ha prominències pseudòmiques modelades en leucogranits de gra mitjà a fi.

Les prominències irregulars solen ser més altes que no pas amples, i es localitzen sobre roques resistents afectades per diàclasis verticals. Normalment es troben parcialment disgregades en blocs. Són formes molt abundants, que es poden observar en molts indrets constituint agrupacions més o menys nombroses. Així, es troben modelats en leucogranits de gra gros a mitjà al Montclar i entorn de Plana Basarda (Santa Cristina

d'Aro); i al Montllor Gros i sobre l'antiga torre de Salions (Tossa). Apareixen també al puig de can Toni i puig Gros (Sant Feliu de Guíxols); al puig de les Cols (Sant Feliu de Guíxols-Santa Cristina d'Aro); i a la rodalia de can Duran del Gatellar i Sant Baldiri (Santa Cristina d'Aro), en leucogranits de gra mitjà a fi. Sobre cala Joana (Sant Feliu de Guíxols); puig del Matxacuca (Santa Cristina d'Aro-Llagostera); als vessants de llevant del puig Alom i a la rodalia de la Roca Teixonera (Llagostera), es localitzen en leucogranits de gra fi. Al puig Nou i al serrat de Moltons (Tossa), apareixen afaïçonats en microgranits.

Pedres cavalleres (*Perched blocks*)

Consisteixen en blocs o boles de dimensions mètriques que se situen damunt altres formes convexes, normalment doms, torres rocoses, prominències rocoses arrodonides o grans boles.

En són exemples representatius la Pedralta Petita i la Penya Àguila (Sant Feliu de Guíxols), ambdues afaïçonades en leucogranits de gra mitjà a fi.

Pedres cavalleres oscil.lants (*Balancing rocks*)

Corresponen a una varietat de pedra cavallera en la qual el bloc superior es troba en una posició d'equilibri inestable, de tal manera que pot fer-se oscil.lar amb la força de la mà.

La Pedralta (Sant Feliu de Guíxols-Santa Cristina d'Aro) és la pedra cavallera oscil.lant de més grans dimensions de l'Ardenya i, de fet, de tota la península Ibèrica. El volum aproximat és de 34 m³ i el pes és d'unes 90 Tm (Pallí & Roqué, 1997).

Boles (*Boulders*)

Són masses de roca inalterada més o menys esferoïdals. Alguns autors les inclouen dins de les microformes (Twidale & Mueller, 1988; Campbell & Twidale, 1995a i b), atès que normalment no superen els 2 m de diàmetre. La majoria, en canvi, consideren que són macroformes elementals o de transició a les microformes (Godard, 1977; Vidal Romaní, 1989; Pedraza et al., 1989; Roqué & Pallí, 1994a i b, Roqué et al., 1994).

Les boles es generen en condicions endògenes, a partir de la meteorització química de les arestes i vèrtexs dels blocs paral.lelepípedics de roca, els quals esdevenen nuclis residuals de geometria esferoïdal (*corestones*). Quan els *corestones* emergeixen en superfície a causa de l'erosió del mantell de sauló, constitueixen les boles pròpiament dites.

Si les boles només emergeixen parcialment del terreny reben el nom de roques en dors de balena (Roqué & Pallí, 1991, 1994a). Una vegada han emergit, poden aparèixer aïllades (boles aïllades); agrupades en superfícies poc inclinades (zones de boles); o acumulades en vessants o fons de valls, com a conseqüència d'haver patit un cert desplaçament

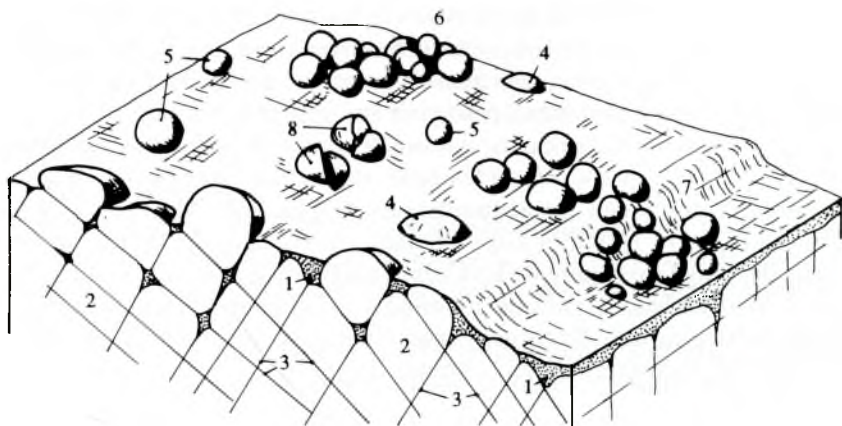


Fig. 5. Varietats morfològiques relacionades amb les boles. Modificat de Roqué & Pallí (1991). Llegendà, 1: Mantell de sauló, 2: Roca inalterada, 3: Fractures, 4: Roques en dors de balena, 5: Boles aïllades, 6: Zones de boles, 7: Caos de boles, 8: Boles partides.

(caos de boles). L'obertura d'una o més diàclasis, per efecte de la meteorització física, pot fer que les boles es trenquin en diverses parts, cosa que fa que s'anomenin boles partides (*split boulders*) (fig. 5).

Les diferents varietats morfològiques relacionades amb les boles són presents a molts indrets de la zona estudiada i sobre litologies molt variades. Així, es troben, entre altres llocs, constituint agrupacions notables a can Cabanyes de Montagut (Llagostera) i a la font d'en Dalmau (Tossa), modelades en leucogranits de gra gros a mitjà; a la Pedralta Petita, ca la Parrota, puig d'en Robert i puig Gros (Sant Feliu de Guíxols), Sant Baldiri (Santa Cristina d'Aro), puig de les Cadiretes (Tossa-Llagostera) i Sant Grau (Tossa), afaïçonades en leucogranits de gra mitjà a fi; als vessants meridionals de Terra Negra i al nord de can Sans (Tossa), en granodiorites amb megacrystals; i, finalment, a can Dardé (Llagostera), en granodiorites sense megacrystals.

Blocs (Blocks)

Es tracta de fragments de roca inalterada, de geometria i dimensions molt variables, que s'han alliberat, en condicions exògenes, del massís rocallós a través del sistema de discontinuïtats que el compartimenten. Igual que les boles, poden ser considerats formes límit o de trànsit entre les macro i les microformes.

Si els blocs estan delimitats per diàclasis obertes però no s'han desplaçat reben el nom de blocs partits (*split blocks*); si es troben a pocs centímetres del seu emplaçament original s'anomenen blocs separats (*parted*

blocks). Les acumulacions de blocs en els vessants reben el nom de zones de blocs. Amb el pas del temps, la meteorització tendeix a arrodonir les arestes i vèrtexs dels blocs, els quals adquireixen una morfologia similar a les boles (blocs arrodonits), però amb una gènesi subaèria.

Són formes molt abundants, que solen aparèixer agrupades recobrint els vessants rosts, associades a les zones de sortints rocosos. Per la seva abundància destaquen les acumulacions de blocs del Montclar (Santa Cristina d'Aro) i Montllor Gros (Tossa), en leucogranits de gra gros a mitjà; del puig Gros i puig de les Cols (Sant Feliu de Guíxols-Santa Cristina d'Aro), en leucogranits de gra mitjà a fi; i del puig Badat (Sant Feliu de Guíxols), puig del Matxacuca (Santa Cristina d'Aro-Llagostera) i Roca Teixonera (Llagostera), en leucogranits de gra fi.

3.2.1.2. Macroformes planes

Hi ha una única varietat morfològica que pertany a aquesta categoria.

Planes granítics (*Plains*)

Consisteixen en superfícies aplanades modelades sobre granitoides alterats. Es generen per efecte dels processos erosius externs.

La superfície de can Tallades, que s'estén entre els termes de Santa Cristina d'Aro i de Llagostera, és la plana granítica de més grans dimensions de l'Ardenya. Està afaïçonada sobre leucogranits de gra gros i granodiorites. Se situa a una cota que oscil·la entre 220 i 140 m, i s'inclina cap a l'oest. Connecta, una vegada salvat el Ridaura, amb el sistema de glacis d'erosió de Cassà i Llagostera, que limiten transicionalment amb la depressió de la Selva (Roqué & Pallí, 1996c).

Altres planes granítics, de menor entitat, es localitzen a l'entorn de Sant Benet (Sant Feliu de Guíxols), a unes altures de 260 i 325 m; a Sapllans d'en Codolar (Llagostera), a 350 m, a can Cabanyes de Montagut (Llagostera), a 450 m; i a Sant Grau (Tossa), a 475 m.

3.2.2. FORMES MENORS O MICROFORMES

Segons les característiques morfomètriques, les microformes es subdivideixen en relleus positius (convexos), neutres (plans) i negatius (còncavos).

3.2.2.1. Microformes convexes

Dins el context de la zona estudiada han estat identificades cinc varietats de formes que pertanyen a aquesta categoria.

Microbonys (*Pitting*)

Es tracta d'un conjunt de petits bonys que es desenvolupen a la superfície de la roca com a conseqüència de la meteorització diferencial dels minerals que la componen.

Es troben a la pràctica totalitat d'afloraments de roca poc alterada de l'Ardenya, sobre qualsevol de les varietats de granitoides que hi apareixen. Cal fer esment, per les seves dimensions, dels microbonys afaïçonats a partir de megacristalls en les granodiorites de s'Agaró (Castell-Platja d'Aro) (Pallí & Roqué, 1996b).

Bossocs (*Protuberances*)

Són protuberàncies centimètriques a decimètriques que queden a la superfície de la roca com a conseqüència de la més gran resistència a la meteorització dels enclavaments quarsdiorítics inclosos dins les granodiorites.

Es localitzen puntualment sobre les granodiorites amb megacristalls de s'Agaró (Castell-Platja d'Aro) (Pallí & Roqué, 1996b) i del nord de can Sans (Tossa).

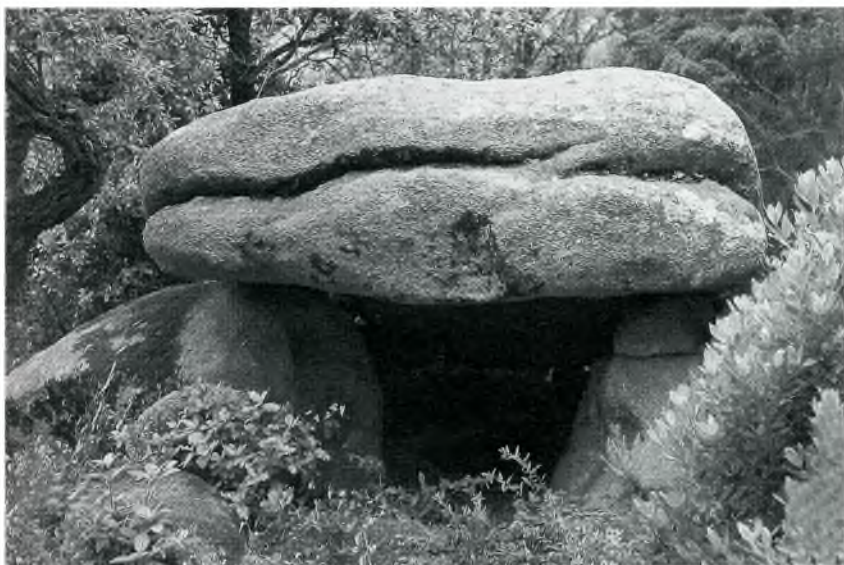
Microboles (*Microboulders*)

Són petits nuclis esferoïdals que apareixen de manera molt localitzada a l'interior dels enclavaments quarsdiorítics de les granodiorites.

Han estat localitzats a cala Pedrosa (Castell-Platja d'Aro) (Pallí & Roqué, 1996b).

Nerviacions (*Partings*)

Consisteixen en ressalts allargats de dimensions centimètriques que



Cova en caos de boles aprofitada com a lloc d'enterrament. Paradolmen d'en Garcia (Tossa de Mar).

es desenvolupen per meteorització diferencial a partir de filons primis, normalment d'aplita o de quars, més resistents que les roques encaixants.

Són molt abundants a l'Esquerdada dels Llobarros de s'Agaró (Castell-Platja d'Aro) (Pallí & Roqué, 1996b), on s'han format a partir de dics d'aplita que creuen granodiorites. També es localitzen en afloraments de leucogranits, com és el cas, entre altres llocs, de les parets dels doms dels Carcaixells i de Solius (Santa Cristina d'Aro), i de les prominències rocoses arrodonides de l'entorn de la Creu d'en Barraquer (Santa Cristina d'Aro-Sant Feliu de Guíxols); del turó de Gustinói i del puig Gros (Sant Feliu de Guíxols), en tots els casos afaïçonades gràcies a dics aplítics i fractures segellades amb quars.

Espeleotemes (*Speleothems*)

Es tracta de dipòsits de precipitació de sílice amorfa (òpal) que es troben en superfícies estructurals parcialment obertes, en l'interior de cavitats i sota alguns blocs. Quan es generen a partir d'aigües que flueixen donen lloc a colades i cortines, mentre que si s'originen per degoteig formen estalactites, estalagmites i espeleotemes erràtics (Vidal Romaní & Vilaplana, 1984). Les dimensions dels espeleotemes desenvolupats en granitoides són molt petites en comparació amb les dels que s'associen al modelat càrstic, atès que difícilment superen els 5 mm de llargada.

Han estat localitzats, entre altres llocs, al turó de Gustinói i al puig Gros (Sant Feliu de Guíxols), en petites cavitats allargades relacionades amb diàclasis obertes; a la Pedralta (Sant Feliu de Guíxols-Santa Cristina d'Aro), a l'interior d'un *tafone* afaïçonat a la base del bloc oscil·lant i en algunes diàclasis obertes del *tor* sobre el que es recolza; i als grans *tafoni* desenvolupats a les parets dels doms de Solius (Santa Cristina d'Aro).

3.2.2.2. Microformes planes

Pertanyen a aquesta categoria dues varietats morfològiques poc abundants.

Peles de ceba (*Onion-skin peeling*)

Es tracta d'un conjunt de capes concèntriques de material descompost que embolcallen un nucli esferoïdal de roca inalterada. El seu origen ha estat relacionat amb processos de refredament concèntric de la massa ígnea, de descompressió radial per erosió, d'expansió per hidratació dels feldspats i d'expansió i contracció per canvis de temperatura (Fairbridge, 1968; Twidale, 1982).

Es localitzen a la rodalia de la Pedralta (Sant Feliu de Guíxols-Santa Cristina d'Aro), on afecten boles afaïçonades en leucogranits de gra gros a mitjà i de gra mitjà a fi.

Esquerdes poligonals (*Polygonal cracking*)

Consisteix en un sistema de fractures someres que s'estrenyen en pro-

funditat i constitueixen un enreixat de cel·les pseudopoligonals. Es desenvolupen en superfícies lliures de vegetació i d'inclinació variable. Sovint han estat interpretades com el resultat d'una expansió tangencial relacionada amb la meteorització. Avui dia, però, es tendeix a relacionar algunes d'aquestes formes amb deformacions tectòniques posades de manifest per la meteorització (Vidal Romaní, 1991; Campbell & Twidale, 1995b).

Han estat observades al puig Gros, on afecten boles i blocs de leucogranits de gra mitjà a fi.

3.2.2.3. Microformes còncaves

Aquesta categoria aplega set varietats de formes, la majoria de les quals són molt abundants al massís de l'Ardenya.

Cassoletes d'erosió (*Rock basins*)

Es tracta de cavitats tancades, de petites dimensions, que apareixen sobre superfícies poc inclinades de roca inalterada desproveïda de vegetació. Tenen la capacitat de retenir aigua de pluja durant un cert temps. La seva geometria en planta sol ser circular o el·líptica, encara que no són

rars les formes romboïdals, fungiformes, ovoidals o totalment irregulars.

Les cassoletes s'engrandeixen en profunditat i, en un grau menor, lateralment, mitjançant processos de dissolució i de disgregació granular i en plaques. El seu ritme de creixement és extremadament lent, de l'ordre d'un centímetre per mil·leni (Lageat et al., 1994; Roqué & Pallí, 1996d). El seu origen es relaciona amb la més alta efectivitat dels mecanismes de meteorització química (tant en condicions endògenes com exògenes) i física sobre debilitats puntuals de la roca. Aquestes debilitats són degudes a variacions locals de la litologia, a l'encreuament de plans de fractura i a la concentració de càrregues puntuals sobre la superfície dels blocs



Canaleres. Solius (Santa Cristina d'Aro).

de roca, ja sigui durant la gènesi de les diàclasis o en fases posteriors (Vidal Romaní, 1984a, b i c; 1985, 1989, 1990).

Les cassoles reben diferents noms segons la geometria de la seva planta i fons (Twidale & Corbin, 1963; Twidale, 1982). Així, els *pans* es caracteritzen per tenir una planta subcircular o el·líptica, el fons pla, poca profunditat i les parets fortament inclinades o sobreexcavades; els *pits* són cassoles de forma hemisfèrica; les cassoles en forma de seient (*armchair-shaped hollows*) són asimètriques en secció perpendicular al seu contorn, i es desenvolupen en superfícies de pendent moderat; finalment, els forats cilíndrics (*cylindrical hollows*) són molt profunds, circulars en planta i rectangulars en secció. Generalment les cassoles apareixen agrupades i connectades al llarg dels plans de diaclasat, constituint formes complexes com ara les cassoles ovoïdals, en rosari i encaixades. En casos extrems, la coalescència de moltes cassoles dóna lloc a una superfície bonyeguda (*meringue surface*). Existeixen també moltes varietats derivades de diferents estadis de degradació, com són les cassoles en forma de plat, de seient i de coll de camisa; les cassoles fallades, a causa de la interferència amb una diàclasi oberta; les cassoles bolcades, pel moviment del bloc en què s'han afaïçonat; i les cassoles colonitzades, parcialment reblertes de terra i vegetació.

La majoria de les cassoles localitzades al massís de l'Ardenya són de planta circular i de fons pla, en molts casos amb les vores lleugerament sobreexcavades. Corresponen, doncs, per les seves característiques, a la varietat *pan*.

Aquestes microformes es troben a molts indrets. Així, als turons de Gustinói i de les Forques (Sant Feliu de Guíxols) se'n localitzen en gran nombre, afaïçonades en leucogranits de gra gros. S'hi troben *pans* subcirculars de fins a 1,2 m de diàmetre, sovint associats a canaletes. Hi són molt freqüents les agrupacions ovoïdals i rosariformes, com també algunes *meringue surfaces*. Entre les formes degradades hi ha cassoles en forma de seient, fallades i colonitzades.

Al puig Gros (Sant Feliu de Guíxols) hi ha un conjunt notable de cassoles afaïçonades en leucogranits de gra mitjà a fi. La majoria corresponen a *pans* molt evolucionats. Hi són especialment abundants les formes complexes encaixades i de tipus *meringue surface*, com també les degradades en forma de seient i les fallades.

A la rodalia de la Pedralta (Sant Feliu de Guíxols-Santa Cristina d'Aro) hi ha diversos afloraments de leucogranits de gra gros a mitjà i de gra mitjà a fi en els quals es troben *pans* subcirculars. Alguns es troben afaïçonats al bloc oscil·lant (Pallí & Roqué, 1997). Hi són presents formes encaixades i associades a canaletes.

Als doms de Solius (Santa Cristina d'Aro) hi ha agrupacions molt nombroses de cassoles desenvolupades en leucogranits de gra gros a mitjà. La majoria són *pans* subcirculars, i també n'hi ha algunes de planta el·líptica i irregular. Assoleixen fins a 2 m de diàmetre, i són molt abun-

dants les que superen els 50 cm. S'hi observen molts exemples de cassolletes degradades en forma de seient i associades a canaletes.

Altres zones que cal destacar, per les agrupacions notables de cassolletes d'erosió que presenten, són Sant Elm (Sant Feliu de Guíxols) i Montllor Gros (Tossa), en leucogranits de gra gros a mitjà; i la rodalia de Roca Tosa (Santa Cristina d'Aro) i del puig de les Cadiretes (Llagostera-Tossa), en leucogranits de gra mitjà a fi.

Finestres (*Tafoni*)

Són cavitats mètriques desenvolupades en parets verticals o inclinades. Els *tafoni* tendeixen a profunditzar-se cap a l'interior i cap amunt, mitjançant mecanismes de disgregació granular i en plaques, afavorits per la gravetat.

Els *tafoni* se solen classificar en funció de la seva localització. Així, els *tafoni* de bloc (*boulder tafoni*) són els que es desenvolupen a l'interior d'un bloc o d'una bola; els *tafoni* de paret (*side tafoni*) afecten una paret subvertical de roca; els *tafoni* en llesques de descamació (*sheet tafoni*) s'associen a fractures de descamació subhorizontals; i els *tafoni* de base (*basal tafoni*) són els que afecten tan sols la part inferior d'un bloc o d'una paret rocosa.

El seu origen, com el de les cassolletes d'erosió, es relaciona amb la més alta efectivitat dels mecanismes de meteorització sobre debilitats de la roca. Inicialment, es poden desenvolupar en condicions endògenes, sota un mantell d'alteració, per després seguir una evolució subaèrea. En al-



Estries. Roca Teixonera (Llagostera).

tres casos la seva gènesi és exclusivament exògena. Les debilitats que permeten la formació dels *tafoni* es poden relacionar, com en el cas de les cassolletes, amb la concentració de càrregues puntuals sobre una superfície de la roca (Vidal Romaní, 1984a, b i c; 1985, 1989, 1990)

Aquest tipus de forma es localitza, entre altres llocs, a l'Esquerda dels Llobarros de s'Agaró (Castell-Platja d'Aro), en granodiorites amb megacristalls; als penya-segats de sota Sant Elm i punta d'en Bosc (Sant Feliu de Guíxols), als doms de Solius (Santa Cristina d'Aro), i a cala Salions i Montllor Gros (Tossa), en leucogranits de gra gros a mitjà; a la rodalia de la Pedralta (Sant Feliu de Guíxols-Santa Cristina d'Aro), en leucogranits de gra gros a mitjà i de gra mitjà a fi, entre els quals destaquen els de base afaïçonats en el bloc oscil·lant; al puig d'en Robert i puig Gros (Sant Feliu de Guíxols), en leucogranits de gra mitjà a fi; als penya-segats de cala Joana (Sant Feliu de Guíxols) i de l'Illa (Tossa), en leucogranits de gra fi; i a cap Pentiner, cala Giverola i cap de Pola (Tossa), en microgranits.

Alvèols (*Alveoles*)

Corresponen a cavitats similars als *tafoni* però de dimensions centimètriques, que apareixen afectant parets de roca verticals, inclinades i horitzontals. Són també freqüents a l'interior dels *tafoni*. Se solen trobar associats, constituint conjunts en forma de niu d'abella (*honeycomb*).

Se'n localitzen exemples a les mateixes localitats on hi ha *tafoni*. Cal destacar els alvèols desenvolupats a l'interior d'enclavaments quarsdiorítics en les granodiorites s'Agaró (Pallí & Roqué, 1996b).

Coves (*Caves*)

Són cavitats de dimensions mètriques a decamètriques similars a les coves desenvolupades en medis càrstics. En funció de la seva gènesi (Vidal Romaní, 1989; Roqué & Pallí, 1994a) es diferencia entre les coves estructurals (*structural caves*), originades per l'erosió de la roca meteoritzada al llarg d'una fractura subhoritzontal, i les coves en caos de boles, l'origen de les quals deriva de l'apilament exogen d'un conjunt de blocs o de boles.

En molts casos les coves presents en els terrenys granítics de l'Ardenya han estat aprofitades en temps prehistòrics com a llocs d'enterrament, com és el cas de les coves estructurals del puig Gros (Sant Feliu de Guíxols) i d'en Pere (Santa Cristina d'Aro); i de les coves en caos de boles de Pedra-sobre-altra (Llagostera-Tossa) i del paradolmen d'en Garcia (Tossa), entre altres. Cal assenyalar la presència de coves excavades artificialment en els leucogranits inalterats, com les dels Moros i de la Tuna (Santa Cristina d'Aro) i del mas Rissecc (Llagostera).

Canals (*Channels*)

Es tracta de solcs que es desenvolupen sobre roca inalterada i que es

disposen paral·lels a la línia de màxim pendent, sense cap mena de connexió espacial amb el sistema de diàclasis. Solen tenir una secció en U. En general es considera que la seva formació està relacionada amb la circulació de l'aigua en superfície, però han estat descrits alguns casos de canals desenvolupats en condicions subedàfiques (Twidale & Mueller, 1988).

Es classifiquen en funció de la inclinació del pendent en què apareixen. Així, les canaletes (*gutters* o *runnels*) són els que es troben en superfícies d'inclinació moderada. Aquests sovint estan connectats amb cassoles d'erosió. Les estries (*flutings* o *grooves*) són canals que apareixen en superfícies de pendent fort.

Es troben, entre altres indrets, als leucogranits de gra gros a mitjà del turó de Gustinoi (Sant Feliu de Guíxols), on apareixen aïllades i associades a cassoles d'erosió; de la Pedralta (Sant Feliu de Guíxols-Santa Cristina d'Aro), associades a cassoles; i dels doms de Solius (Santa Cristina d'Aro), on n'hi ha d'aïllades que assoleixen dimensions de fins a 8 m de llarg per 0,5 m d'ample, les quals presenten un traçat sinuós, a vegades ramificat i una forma de fons còncava. En aquesta darrera localitat també hi són presents multitud de canaletes associades a cassoles.

Pel que fa a les estries, es localitzen als doms de Solius (Santa Cristina d'Aro), moltes vegades connectades amb canaletes, i al turó de Gustinoi (Sant Feliu de Guíxols), en leucogranits de gra gros a mitjà. Altres apareixen sobre els *tors* del puig d'en Robert (Sant Feliu de Guíxols), en



Estries. Turó de Gustinoi (Sant Feliu de Guíxols).

leucogranits de gra mitjà a fi, i també als de la serra dels Pins i de Roca Teixonera (Llagostera), en leucogranits de gra fi.

Regates (*Kluftkarren*)

Consisteixen en solcs, molt semblants a les canaletes, que es desenvolupen en superfícies horitzontals o lleugerament inclinades com a conseqüència de la concentració de la meteorització i erosió en els plans de diaclassat. La seva secció transversal és en V. Quan es formen a partir d'un enreixat ortogonal de fractures donen lloc als anomenats paviments.

Els *kluftkarren* apareixen sobre la major part d'afloraments de granitoides en procés de disgregació en blocs. Són especialment abundants sobre els doms de Solius i dels Carcaixells (Santa Cristina d'Aro), en leucogranits de gra gros a mitjà; i de la Roca Tosa (Santa Cristina d'Aro), en leucogranits de gra mitjà a fi. Modelats de tipus paviment han estat localitzats a la rodalia de la Roca Teixonera (Llagostera), en leucogranits de gra mitjà a fi.

Clivelles (*Clefts*)

Són fractures obertes i engrandides per meteorització i erosió, que apareixen com esquerdes de desenvolupament rectilini en parets subverticals. Es troben en qualsevol aflorament de granitoides poc alterats.

4. CLOENDA

Al massís de l'Ardenya aflora un conjunt de roques plutòniques, es-



Paviment. Roca Teixonera (Santa Cristina d'Aro).

sencialment granodiorites i leucogranits, en les quals s'ha desenvolupat un modelat granític molt variat; en destaquen conjunts morfològics de gran interès geològic i paisatgístic. Els doms de l'entorn de Solius (turó del Castell, Roca Ponsa, Roques Bessones i Carcaixells), la pedra cavallera oscil·lant de Pedralta i els *tors* de Pedra-sobre-altra i de Roca Teixonera, en són alguns dels exemples més representatius.

Aquest paisatge, de trets peculiars i sovint misteriosos, ha despertat la curiositat dels éssers humans des d'èpoques molt reculades en el temps. Les societats més antigues aprofitaren les coves per a viure-hi i per a enterrar-hi els morts. Més recentment, moltes formes, en especial les boles, han estat espoliades i convertides en elements decoratius per a jardins llunyans, o bé han acabat integrades en un medi urbanitzat. Avui dia, quan inequívocament la societat experimenta un interès creixent vers al medi natural, i des de diferents àmbits de govern es planteja l'explotació del paisatge com a un element turístic alternatiu, cal valorar el potencial d'aquest paisatge, i aprofitar-lo en la mesura del possible, des de la racionalitat que imposa el seu coneixement precís.

BIBLIOGRAFIA

- CAMPBELL, E.M. i TWIDALE, C.R. (1995a): Lithologic and climatic convergence in granite morphology. *Cuadernos del Laboratorio Xeológico de Laxe*, 20, pàg. 381-403.
- CAMPBELL, E.M. i TWIDALE, C.R. (1995b): The various origins of minor granite landforms. *Cuadernos del Laboratorio Xeológico de Laxe*, 20, pàg. 281-306.
- FAIRBRIDGE, R.W. (ed) (1968): *The encyclopedia of Geomorphology*. Reinhold, New York, 1295 pàg.
- GODARD, A. (1977): *Pays et paysages du granite*. PUF, París, 232 pàg.
- IGME (1953): Mapa Geológico de España 1:50.000. Hoja nº 366, Sant Feliu de Guíxols.
- LAGEAT, Y.; SELLIER, D. i TWIDALE, C.R. (1994): Mégalithes et météorisation des granites en Bretagne littorale, France du nord-ouest. *Géographie Physique et Quaternaire*, 48 (1), pàg. 107-113.
- PALLÍ, L. (1978): Mapa geològic de Sant Feliu de Guíxols. Escala 1:10.000. Ed. Unitat de Geologia del Col·legi Universitari de Girona.
- PALLÍ, L. (1980): Mapa geològic de Castell-Platja d'Aro. Escala 1:10.000. Ed. Unitat de Geologia del Col·legi Universitari de Girona.
- PALLÍ, L. (1985): Mapa geològic de Santa Cristina d'Aro. Escala 1:10.000. Ed. Unitat de Geologia del Col·legi Universitari de Girona.
- PALLÍ, L. i ROQUÉ, C. (1992): Mapa geològic de Tossa de Mar. Escala 1:10.000. Ed. Unitat de Geologia de l'Estudi General de Girona.
- PALLÍ, L. i ROQUÉ, C. (1993): Mapa morfològic de Tossa de Mar. Escala 1:10.000. Ed. Unitat de Geologia de la Universitat de Girona.
- PALLÍ, L. i ROQUÉ, C. (1995a): El vulcanisme de les comarques gironines, II (Gironès). Escala 1:50.000. Ed. Àrea de Geodinàmica de la Universitat de Girona.
- PALLÍ, L. i ROQUÉ, C. (1995b): *Cartografia geoambiental de la conca del riu Ridaura (Baix Empordà, Girona)*. Col. Dialogant amb les Pedres, 3, 52 pàg.
- PALLÍ, L. i ROQUÉ, C. (1996a): Mapa morfològic de Sant Feliu de Guíxols. Escala 1:10.000. Ed. Àrea de Geodinàmica de la Universitat de Girona.
- PALLÍ, L. i ROQUÉ, C. (1996b): *Itinerari geològic pel camí de Ronda de s'Agaró*. Col. Dialogant amb les Pedres, 4, 58 pàg.
- PALLÍ, L. i ROQUÉ, C. (1997): Característiques geomorfològiques de la Pedralta (Baix Empordà, Girona). *Estudis del Baix Empordà*, 16, pàg. 5-42.

PALLÍ, L., TRILLA, J. i ESTALRICH, J. (1985): Mapa morfològic de la conca del riu Ridaura. Escala 1:25.000. Ed. Unitat de Geologia del Col·legi Universitari de Girona.

PEDRAZA, J.; SANZ, M.A. i MARTÍN, A. (1989): *Formas graníticas de La Pedriza*. Agencia de Medio Ambiente, Comunidad Autónoma de Madrid, Madrid, 205 pàg.

ROQUÉ, C. i PALLÍ, L. (1991): Modelat del massís de Begur. *Estudis del Baix Empordà*, 10, pàg. 5-48.

ROQUÉ, C. i PALLÍ, L. (1994a): Geologia del massís de les Gavarres. *Estudis del Baix Empordà*, 13, pàg. 5-98.

ROQUÉ, C. i PALLÍ, L. (1994b): Las formas graníticas de los macizos de Les Gavarres y de Begur (Girona). Dins J. Arnáez; J.M. García Ruiz i A. Gómez Villar (ed.) *Geomorfología en España*, Sociedad Española de Geomorfología, Logroño, pàg. 85-90.

ROQUÉ, C. i PALLÍ, L. (1996a): Oscil·lacions del nivell del mar i sediments associats durant l'Holocè a la Costa Brava meridional (Girona). *Scientia Gerundensis*, 22, pàg. 61-69.

ROQUÉ, C. i PALLÍ, L. (1996b): Sediments antics del litoral del Baix Empordà entre Es Forn (Begur) i Vallpresona (Santa Cristina d'Aro). *Estudis del Baix Empordà*, 15, pàg. 5-33.

ROQUÉ, C. i PALLÍ, L. (1996c): Los domos graníticos de la cuenca del Ridaura (Girona). *Cuadernos del Laboratorio Xeológico de Laxe*, 21, pàg. 45-58.

ROQUÉ, C. i PALLÍ, L. (1996d): Formas graníticas asociadas a megalitos en el nordeste de Cataluña. *Geogaceta*, 20 (5), pàg. 1104-1106.

ROQUÉ, C. i PALLÍ, L. (1997): Depósitos litorales y variaciones del nivel del mar durante el Holoceno en la Costa Brava (NE de Cataluña). Dins J. Rodríguez Vidal (ed.) *Cuaternario Ibérico*, Huelva, pàg. 178-183.

ROQUÉ, C.; PALLÍ, L. i CAPELLÀ, I. (1994): *El modelat granític del terme municipal de Sta. Coloma de Farners*. Col. Dialogant amb les Pedres, 2, 24 pàg.

TWIDALE, C.R. (1982): *Granite Landforms*. Elsevier, Amsterdam, 372 pàg.

TWIDALE, C.R. (1995): Bornhardts, Boulders and Inselbergs. *Cuadernos del Laboratorio Xeológico de Laxe*, 20, pàg. 347-380.

TWIDALE, C.R. i CORBIN, M. (1963): Gnammas. *Rev. Géomorph. Dyn.*, 14, pàg. 1-20.

TWIDALE, C.R. i MUELLER, J.E. (1988): Etching as a process of landform development. *Professional Geographer*, 40 (4), pàg. 379-391.

TWIDALE, C.R. i VIDAL ROMANÍ, J.R. (1994): On the multistage development of catch forms. *Geomorphology*, 11, pàg. 107-124.

VIDAL ROMANÍ, J.R. (1984a): Geomorfología granítica. Modelos de deformación post-tectónica de los macizos rocosos. *Memórias e Notícias, Publ. Mus. Lab. Mineral. geol.*, Univ. Coimbra, 97, pàg. 143-158.

VIDAL ROMANÍ, J.R. (1984b): Microformas graníticas tipo tafoni (cachola) y gnamma (pia). Un micromodelado sin relación con el clima o la estacionalidad. *Cuadernos del Laboratorio Xeológico de Laxe*, 7, pàg. 273-277.

VIDAL ROMANÍ, J.R. (1984c): Micromodelado de rocas graníticas. Un nuevo modelo genético. *I Congreso Español de Geología*, Segovia, 1, pàg. 585-594.

VIDAL ROMANÍ, J.R. (1985): Estudio teórico sobre el origen de las características morfológicas de las pías (Gnammas, Vasque). *Cuadernos del Laboratorio Xeológico de Laxe*, 10, pàg. 133-168.

VIDAL ROMANÍ, J.R. (1989): Geomorfología granítica en Galicia (NW España). *Cuadernos del Laboratorio Xeológico de Laxe*, 13, pàg. 89-163.

VIDAL ROMANÍ, J.R. (1990): Formas menores en rocas graníticas: un registro de su historia deformativa. *Cuadernos del Laboratorio Xeológico de Laxe*, 15, pàg. 317-328.

VIDAL ROMANÍ, J.R. (1991): Tipos de fabric plana y su relación con la generación de formas graníticas. *Cuadernos del Laboratorio Xeológico de Laxe*, 16, pàg. 301-312.

VIDAL ROMANÍ, J.R. i VILAPLANA, J.M. (1984): Datos preliminares para el estudio de espeleotemas en cavidades graníticas. *Cuadernos del Laboratorio Xeológico de Laxe*, 7, pàg. 305-324.

VIDAL ROMANÍ, J.R.; TWIDALE, C.R.; CAMPBELL, E.M.; CENTENO, J.D. (1995): Morphological and structural evidences concerning the origin of sheet fractures. *Cuadernos del Laboratorio Xeológico de Laxe*, 20, pàg. 307-346.